



TITLE:

橋梁上部構造に作用する津波波力
評価手法に関する研究(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

四條, 利久磨

CITATION:

四條, 利久磨. 橋梁上部構造に作用する津波波力評価手法に関する研究.
京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18930>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	四條 利久磨
論文題目	橋梁上部構造に作用する津波波力評価手法に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、橋梁上部構造に作用する津波波力に関して、水理模型実験を実施して新しい評価式を考案するとともに、実サイトに位置する橋梁上部構造に対して耐津波安全性の照査を行った成果をまとめたものであって、6章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べている。</p> <p>第2章は東北地方太平洋沖地震津波の特徴、津波による橋梁の被害形態および沿岸構造物に作用する既往の津波波力評価式をレビューし、橋梁上部構造に作用する津波波力評価式の要件を示した。東北地方太平洋沖地震津波による橋梁の被害状況より、津波による橋梁の流失メカニズムとして、水平力を主体とした水平移動と鉛直力を主体とした回転移動の2つが主であることを示すとともに、作用する津波波力に関する明確な設計基準や設計方法が現状確立されていない橋梁上部構造について、津波に対する安定性を評価するためには、水平力のみならず鉛直力や回転モーメントについての評価式を策定することの重要性を示した。また、従来の研究の多くは、橋梁に段波状の津波が作用するとして取り組まれているものが多いが、今次の津波では橋梁が水没し、流れの中で流出する映像も見られるなど、橋梁に作用する津波の形態は架橋位置周辺の地形の影響や桁下高により多様であることから、波力の評価にあたっては、架橋地点の地形の特性を踏まえた上で、来襲する津波形態を考慮することが重要であることを示した。</p> <p>第3章は高速道路橋で一般的に用いられている橋梁形式を対象に水理実験を行い、上部構造に作用する津波荷重特性を評価し、上部構造に作用する津波波力評価式を考案している。水面が徐々に上昇する長周期の孤立波から段波まで水面勾配を段階的に変化させた水理実験を実施し、津波の入射波波面形状が作用する津波波力に及ぼす影響を検討した。その結果、最大津波高、流速が同じでも津波入射波形状が異なれば、作用する波力が大きく異なることを明らかにした。さらに、最大水平波力は、津波入射波の波面勾配に比例して増加し、橋桁が完全に水没する準定常状態では道路橋示方書に示されている風による流力係数の推定値で安全側の設定ができる一方、波面勾配が50度の碎波前段波では、波の衝突時に準定常状態の3倍程度、推定値の2倍程度の最大水平波力が発生することを示した。また、橋桁が静水面より上方に位置する状態で津波が作用した場合、鉛直波力は、準定常状態では下向きに発生するが、波の衝突時には上向きに発生し、その最大鉛直波力は、波面勾配が10度までは波面勾配に比例して増加し、10度以上では波面勾配の増加に伴い漸減することを明らかにした。また、回転モーメントは、津波が左から右に流れる場合、準定常状態・津波衝突時とも時計回りに発生し、その最大回転モーメントは、波面勾配が10度までは波面勾配に比例して増加し、10度以上では波面勾配の増加によらずほぼ一定値となることを示した。次いでこれらの結果を踏まえ、橋梁上部構造に作用する津波の最大高さ、流速、入射波の波面勾配を関数とした津波水平波力、鉛直波力、回転モーメントの評価式を考案した。</p> <p>第4章では、数値流体解析で実サイトにおける津波の遡上現象や沿岸構造物に作用</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	四條 利久磨
<p> する津波波力を評価することを最終目標に、沿岸構造物における津波波力解析手法として、汎用の流体解析コードとVOF法を用いた自由表面流体解析手法とその応用を述べるとともに、鉛直壁、矩形構造物群、橋梁上部構造を対象とした既往の水理実験の再現計算および東北地方太平洋沖地震津波で被災した火力発電所を対象とした津波再現解析を行い、上記手法の適用性を検証している。その結果、数値流体解析により、垂直壁、矩形構造物群、橋梁上部構造に作用する津波の挙動や津波波力の概略値を再現できることを確認した。橋梁上部構造における流力係数の再現精度は、抗力係数、揚力係数については誤差が0～±20%以内、モーメント係数については誤差が0～±40%以内で評価可能であることを示した。また、実際の発電所に襲来した津波の遡上挙動を再現でき、発電所敷地内の建屋最大浸水高さを最大で11%以内の誤差で評価できることを確認した。 </p> <p> 第5章では、実サイトを対象に3次元数値流体解析手法を用いた南海トラフ巨大地震津波に対する橋梁の耐津波安全性評価の実施例を示している。東名高速道路の一部をなす静岡県沿岸部の橋梁を取り上げ、広領域津波伝播解析により架橋位置に襲来する津波条件（津波水位、流速）を求め、次に、この津波条件を境界条件とした橋梁周辺領域の狭領域3次元数値流体解析を行うことで、橋梁に作用する津波の詳細挙動や波力の評価を行い、橋梁上部構造の耐津波安全性について照査を行った。検討の結果、評価対象地点に襲来する津波の特性は、解析評価点の距離が近くても、周辺の地形形状や人工構造物により大きく異なるため、3次元解析に用いる入力津波条件を定める際は、評価対象周辺の地形や主要な人工構造物を考慮した津波伝播解析を行う必要があることを示した。また、β値（桁抵抗力/最大水平波力）にて橋梁の安全性を評価する場合、橋梁全体系で照査を行うと$\beta > 1$となり安全と判断されるが、橋軸方向の波力分布を考慮した上で、支承毎に照査を行うと、支承によっては$\beta < 1$と評価され、不安全と判断される場合があることを示し、多径間連続橋では各支承でβ値を求め安全性を評価する必要があることを示した。 </p> <p> 第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。 </p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、橋梁上部構造に作用する津波波力に関する設計基準や安全性照査方法が確立されていない現状に対して、津波作用時の波力評価式および耐津波安全性に関する照査方法を提案した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 高速道路橋で一般的に用いられている橋梁形式を対象に、水面が徐々に上昇する長周期の孤立波から段波まで水面勾配を段階的に変化させた水理実験を実施し、津波の入射波波面形状が作用する津波波力に及ぼす影響を検討した。その結果、最大津波高、流速が同じでも津波入射波形状が異なれば、作用する波力が大きく異なることを明らかにした。さらに、最大水平波力、最大鉛直波力、最大回転モーメントは、津波入射波の波面勾配と相関があることを見出し、最大津波高さ、流速、入射波波面勾配を関数とした津波水平波力、鉛直波力、回転モーメントの評価式を考案した。

2. VOF法を用いた数値流体解析により、鉛直壁、矩形構造物群、橋梁上部構造を対象とした既往の水理実験の再現計算および東北地方太平洋沖地震津波で被災した火力発電所を対象とした津波再現解析を行い、数値解析による津波波力評価の適用性を検証した。その結果、数値流体解析により、上記構造物に作用する津波波力を概ね評価できることを示した。また、実際の発電所に襲来した津波の遡上挙動を再現できることを確認した。

3. 東名高速道路の一部をなす静岡県沿岸部の橋梁を対象に、震源から沿岸までの広領域津波伝播解析と橋梁周辺領域の狭領域3次元数値流体解析を組み合わせることによる、橋梁上部構造の耐津波安全性の照査方法を示した。 β 値(桁抵抗力/最大水平波力)にて橋梁の安全性を評価する場合、多径間連続橋では、橋梁全体系ではなく、橋軸方向の波力分布を考慮した上で、支承毎に安全性の照査を行う必要性を示した。

本論文は、橋梁上部構造に作用する津波波力の新たな評価式を提案し、実サイトの橋梁に対する耐津波安全性照査方法を提示しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。